مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (٦) / المجلد (٢٥) : ٢٠١٧

التنبؤ المكاني بالخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية و تشخيص اثرها في صفات التربة باستخدام بعض الدلائل الطيفية

أوراس محي طه الوائلي **سعد شاكر محمود**

قسم علوم التربة و الموارد المائية / كلية الزراعة / جامعة القاسم الخضراء

aurassmuhi@yahoo.com

الخلاصة

نفذت الدراسة في الجزء الغربي من محافظة بابل في وسط العراق بين خطيّ عرض 32°04'27.40"N الى 32°41'09.53"N شمالاً وخطي طول 44°08'22.35"E الى 44°56'59.58"E شرقاً. توصلت هذه الدراسة الى امكانية التنبؤ المكاني بملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم وملائمة المياه الجوفية للري بتطبيق الموديل الكروي Spherical Model وبدقة 0.9993** و0.9996** و0.9944** لكل منها على التوالي، فضلاً عن امكانية تشخيص ملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة باستخدام الدلائل الطيفية Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) و Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index(OSAVI) و Generalized Difference Vegetation Index($GDVI^2$) وبدقة بلغت 0.9919** و0.9927** و0.9878** لكل منها على التوالي. كما اظهرت الخرائط وجود تطابق مكاني وعلاقات ارتباط عالية المعنوية بين ملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم وملائمة المياه الجوفية للري مع ملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة، فضلاً عن وجود علاقات ارتباط عالية المعنوية بين ملوحة التربة مع ملوحة المياه الجوفية ونسبة امتزاز الصوديوم فيها وصنف ملائمتها .

الكلمات المفتاحية : التنبؤ المكاني، ملوحة التربة، الدلائل الطيفية، المياه الجوفية .

Abstract

The study Carried out in the western part of Babylon Province , midst Iraq inside , located between latitude 32º 04′27″.40 to32º41′09″.53 N and longitude 44º08′22″.35 to 44º 56′59″.58 E . This study is conducted to Spatial predicted for Salinity, Sodium adsorption ratio and Groundwater suitable to irrigation by through the application of Spherical Model predicted an accurate 0.9993**, 0.9996** and 0.9944** each of respectively, in addition to diagnosis of salinity, the Sodium Adsorption Ratio and Exchangeable Sodium Percentage in the soil by Vegetation Indices using Soil-Adjusted Vegetation Index, Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index(OSAVI) and Generalized Difference Vegetation Index($GDVI^2$) an accurate 0.9919**, 0.9927** and 0.9878** each of respectively . Furthermore the maps showed spatial fitting and highly significant correlation between Salinity, Sodium Adsorption Ratio and Exchangeable Sodium percentage of soil with Salinity, Sodium Adsorption Ratio and Groundwater suitable to irrigation .

Keywords: Spatial predicted, Soil salinity, Vegetation Indices and Ground water.

المقدمة

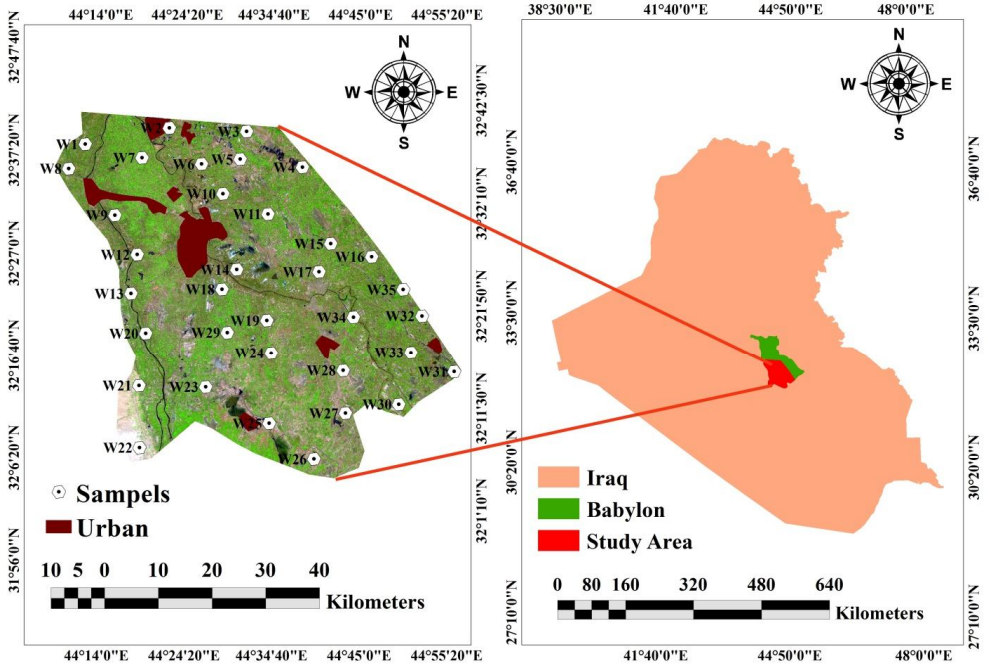
نتيجةً للمناخ الجاف وانحسار اغلب الموارد المائية السطحية او رداءة نوعيتها في وسط العراق وجنوبه جعل المزارعين يستخدمون مصادر بديلة لسد العجز المائي بغية استكمال موسم النمو للمحاصيل والنباتات الاقتصادية، وان ابرز هذه البدائل تمثلت بالمياه الجوفية وذلك طيلة العقدين الاخيرين من القرن العشرين وحتى وقتنا الحالي، اذ تم استخراج هذه المياه للارواء ضمن موسم الجفاف الطويل دونما فحص كيميائي مبرمج مما سبب مشاكل واضحة في الاتزان المائي والملحي في ترب هذه المنطقة (F.A.O.,2011). ان من اهم الفحوصات الهيدروكيميائية للمياه الجوفية الواجب اجراؤها قبل اجراء عملية الري تتمثل بدرجة رئيسة بقياس ايصاليتها الكهربائية وحساب نسبة امتزاز الصوديوم فيها، اذ ان انخفاض قيم هذين المؤشرين سيضع المياه ضمن الاصناف الملائمة للري ويسمح بالاستخدام الامن لها دونما حدوث مشاكل في البنية الكيميائية للتربة متمثلة بالحفاظ على مستوى ملائم من ملوحة وصودية التربة وبما لا يسبب اجهاداً فسلجياً للنباتات الاقتصادية ولاسيما في المناطق

الجافة من العالم (Shyam and Kalwaania, 2011). وتمثل خرائط صفات التربة مخرجاً هاماً للفحوصات الحقلية والمختبرية فان من واجب المختص في مجال المسح الهيدروكيميائي للمياه الجوفية اعداد خرائط لمؤشراتها ذات التاثير المباشر بملوحة وصودية التربة وهذا ما يحققه اسلوب التنبؤ المكاني ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS، اذ يمكّن هذا الاسلوب من اعداد مثل هذه الخرائط وبدقة مكانية عالية (Al-Mussawi,2014). اما خرائط ملوحة التربة فقد تمكن (Wu *et. al*., 2014) من اعدادها من الدلائل الطيفية المشتقة من بيانات التحسس النائي، اذ تميز الدليل الطيفي Generalized Difference Vegetation Index($GDVI^2$) بشكلٍ واضح في معظم الموديلات التنبؤية الخاصة بتشخيص الترب المتاثرة بالملوحة في عدة مناطق منتخبة في وسط وجنوب العراق، كما تمكن (طه واخرون، 2014) من تشخيص ملوحة وصودية التربة ضمن الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة بابل وسط العراق بموديلات تنبؤية مشتقة من الدليل الطيفي Salinity Index (SI) والدليل الطيفي Generalized Difference Vegetation Index($GDVI^2$). اما (الوائلي وعبد الكاظم،2016) فتمكنوا من اعداد خرائط لملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي الذي يعد نوعاً من المياه الجوفية الضحلة باسلوب التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging وتشخيص اثر هذين المؤشرين الكيميائيين في ملوحة وصودية ترب العزيزية شمال محافظة واسط شرقي العراق باستخدام الدليلين الطيفيين(NDSI) Normalized Difference Salinity Index و(SI)Salinity Index وباعداد خرائط مركبة لهذين المؤشرين مع ملوحة وصودية التربة مما يسهل على المساح وكيميائي الترب من تشخيص مواطن التدهور الكيميائي في مورد التربة. وبغية دراسة الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية المستخدمة فعلياً لارواء ترب الجزء الغربي من محافظة بابل باسلوب التنبؤ المكاني في وسط العراق، اذ اعتمدت ملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم وملاءمة المياه الجوفية كمؤشرات هيدروكيميائية ضرورية تتحكم بملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة، اذ سيتم اعداد خرائط للمؤشرات الهيدروكيميائية للمياه الجوفية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS ومن ثم تكاملها مع خرائط صفات التربة التي سيتم اعدادها من الدلائل الطيفية المشتقة من بيانات المتحسس الفضائي Landsat8 .

المواد و طرائق العمل

1. موقع منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة في الجزء الغربي من محافظة بابل ضمن قضاء الحلة في وسط العراق بين خطيّ عرض 32°04'27.40"N الى 32°41'09.53"N شمالاً وخطي طول "44°08'22.35 الى 44°56'59.58"E شرقاً وتبلغ مساحتها 316180.50 هكتار، اذ حُدِّد 35 بئراً وفقاً لــ(Lark,2009) باستخدام جهاز GPS بنظام احداثي UTM وسقطت مكانياً على الصورة الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة وكما موضح في الشكل(1):



شكل(1) : يوضح موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومواقع العينات في منطقة الدراسة ونمط توزيعها .

٢.العمل الحقلي و المختبري :

اخذت عينات المياه الجوفية من الابار المؤشرة في الشكل (1) مع عينات تربة مركبة ذات عمق 0– 30 سم، التي جففت هوائياً تحت درجة حرارة المختبر وفككت ومررت من منخل 2 ملم، وبغية اجراء القياسات المختبرية عملت عجينة مشبعة للترب واستخلص منها محلول التربة، ثم رشح هذا المحلول، فضلاً عن المياه الجوفية، اذ اجري قياس الايصالية الكهربائية للتربة (ECe) وللمياه الجوفية (ECw) بجهاز EC-Meter ودرجة تفاعل التربة (pHs) ودرجة تفاعل المياه الجوفية (pHw) بجهاز pH-Meter وفقاً لــ(Page واخرون، 1982)، فضلاً عن قياس الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين في محلول التربة والمياه الجوفية بتسحيحهما مع الفرسينيت Na2– EDTA بتركيز 0.01 N، اضافة الى قياس الصوديوم الذائب في محلول التربة والمياه الجوفية باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب Flame photometer وفقاً لــ(Richards, 1954) بغية حساب نسبة امتزاز الصوديوم في التربة $(SARs)$ ونسبة امتزاز الصوديوم في المياه الجوفية $(SARw)$ من المعادلة الاتية :

$$(SARs)\ \&\ (SARw) = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{(Ca^{+2} + Mg^{+2})}{2}}} \quad \ldots\ldots [1]$$

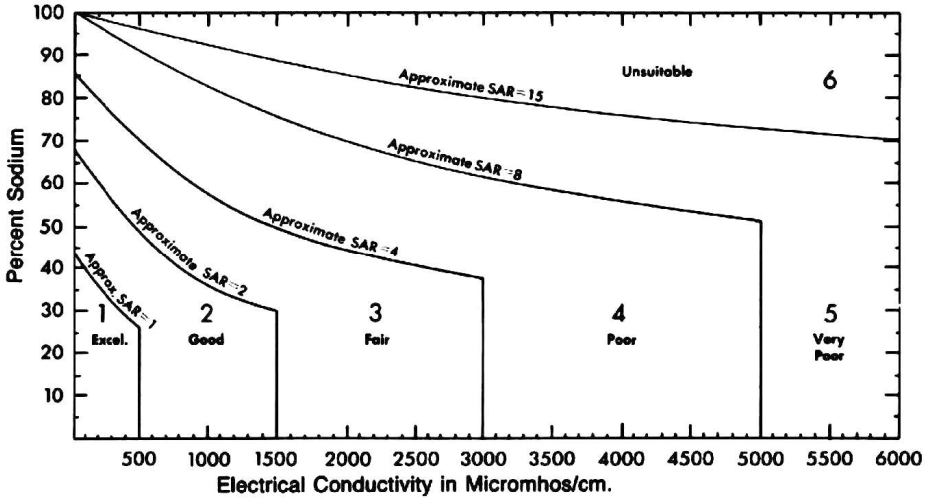
وقدرت السعة التبادلية للايونات الموجبة (CEC) وفقاً لــ(Papanicolaou , 1976) الخاصة بالترب الجبسية والكلسية، واستخلص ايون الصوديوم المتبادل $(Ex.Na)$ باستخدام خلات الامونيوم 1 N، ثم قدر تركيزها باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب Flame photometer وفقاً لــ(Page *et. al.* , 1982)، ثم احتسبت النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة ESP% بتطبيق المعادلة (2):

$$ESP\ \% = \frac{(Ex.Na)}{(CEC)} * 100 \quad \ldots\ldots [2]$$

وبغية تقييم ملاءمة مياه الابار للري في منطقة الدراسة وفضلاً عن قياس الملوحة (ECw) ونسبة امتزاز الصوديوم $(SARw)$، تم حساب النسبة المئوية للصوديوم الذائب في المياه الجوفية $(Na\%)$ من المعادلة (3) :

$$Na\ \% = \frac{(Na^{+}) + (K^{+})}{(Ca^{+2}) + (Mg^{+2}) + (Na^{+}) + (K^{+})} * 100 \quad \ldots\ldots [3]$$

لتحقيق الية التصنيف ضمن المخطط المقترح من قبل (Zhang ، 2009) و الموضح في الشكل (2) :



شكل(2): يوضح مخطط تصنيف ملوحة وصودية ومدى ملائمة المياه الجوفية للري وفقاً لـــ (Zhang ،2009)

3.التنبؤ المكاني بالخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية :

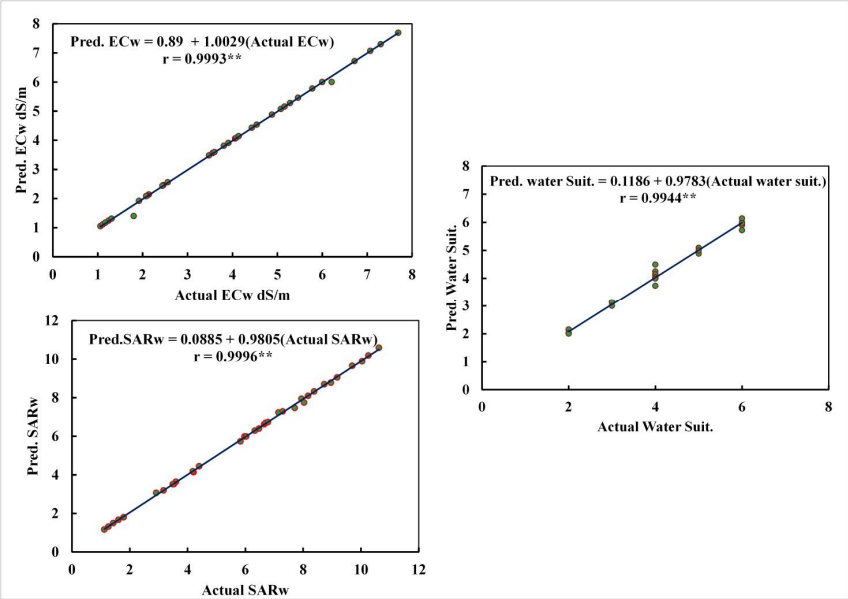
اجري التنبؤ المكاني بالخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية المقاسة ضمن برنامج ArcGIS10.2.1 وفقاً لما اقترحه (Liechtenstein , 2013) وعلى مبدأ التغاير الموزون Variogram المبين في المعادلة (4) :

$$2\,\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \ldots\ldots [4]$$

اذ ان x_i متغير ما يبتعد عن المتغير $x_i + h$ بازاحة مكانية مقدارها h ، وباسلوب Ordinary Kriging ضمن برنامج Arc Map، اذ طُبِقَ الموديل الكروي Spherical Model المبين في المعادلة (5) للتنبؤ بملوحة وصودية وملائمة المياه الجوفية للري كونه يحقق اعلى دقة تطابق مكاني وكما في الشكل(3) :

$$\gamma_{a,b}^{sph}(h) = \left\{ \begin{array}{c} b\left(\frac{3}{2}\frac{|h|}{a} - \frac{1}{2}\left(\frac{|h|}{a}\right)^3\right), if\ \ 0 \le |h| \le a \\ b\ , otherwise \end{array} \right\} \quad \ldots\ldots [5]$$

اذ $\gamma_{a,b}^{sph}(h)$ تمثل دالة التنبؤ المكاني للموديل الكروي و a المدى و b عتبة ثبات المسافة بين قيم المتغير المكاني.



شكل(3) : يوضح دقة تطبيق الموديل الكروي Spherical Model للخصائص الكيميائية للمياه الجوفية .

٤. تشخيص صفات التربة باستخدام الدلائل الطيفية :

استخدمت صورة فضائية التقطها المتحسس Landsat8 في 2015/5/29 لتتوافق مع زمن جمع العينات التي امتدت من 5/25 ولغاية 2015/6/3، ثم اخضعت حزمها الطيفية للمعالجة الرقمية وفقاً لموديل FLAASH (Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube model)، ثم استقطعت منطقة الدراسة و ذلك باتباع الخطوات الاساسية التي اوردها (Wu,2011) في برنامج ENVI 5. وبعد اجراء اختبارات المواءمة المكانية والتي تحقق ادق تمثيل لصفات التربة قيد الدراسة تم التوصل الى ان الدلائل الطيفية الاتية هي افضل دلائل طيفية تمثل واقع ملوحة وصودية ترب منطقة الدراسة، وذلك بعد اعدادها في برنامج ENVI 5 ومن ثم استخلاص قيمها الرقمية في برنامج ArcGIS10.2.1 واجراء تحليل الانحدار البسيط الخطي واللوغاريتمي والاسي لقيمها الرقمية مع قيم صفات التربة المقاسة مختبرياً ضمن برنامج Microsoft Excel الاصدار 2010 و كالاتي :

1.الدليل الطيفي Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) المقترح من قبل (Huete,1988) في المعادلة (6):

$$SAVI = \frac{[(1.5) * (NIR - Red)]}{(NIR + Red + 0.5)} \quad \ldots\ldots [6]$$

2.الدليل الطيفي Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI) المقترح من قبل (Rondeaux *et. al.* , 1996) في المعادلة (7):

$$OSAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.16)} \quad \ldots\ldots [7]$$

3.الدليل الطيفي Generalized Difference Vegetation Index ($GDVI^2$) المقترح من قبل (Wu،2014) وكما في المعادلة (8):

$$GDVI^2 = \frac{[(NIR)^2 - (Red)^2]}{[(NIR)^2 + (Red)^2]} \quad \ldots\ldots [8]$$

جدول(1) : يبين الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة .

Site	pHw	$dS.m^{-1}$	$mmol.L^{-1}$			Na%	SARw	Suitability	
		ECw	Ca	Mg	Na			Class	Value
W1	7.95	1.06	4.98	3.14	2.25	23.4	1.12	Good	2
W2	7.92	2.14	8.09	4.1	8.9	43.04	3.6	Fair	3
W3	7.86	3.48	10.23	7.08	17.15	50.26	5.83	Poor	4
W4	7.76	4.06	10.92	8.52	20.73	52.12	6.65	Poor	4
W5	7.6	5.46	12.22	12.34	29.35	55.02	8.38	Very Poor	5
W6	7.15	7.07	13.36	17.24	39.26	56.72	10.04	Unsuitable	6
W7	7.94	1.11	5.19	3.03	2.56	25.95	1.26	Good	2
W8	7.91	2.46	8.7	4.61	10.87	45.89	4.21	Poor	4
W9	7.81	3.91	10.75	7.99	19.8	52.07	6.47	Poor	4
W10	7.73	4.43	11.3	9.41	23	53.25	7.15	Poor	4
W11	7.33	6.21	12.79	14.57	33.97	55.94	9.18	Unsuitable	6
W12	7.94	1.8	7.32	3.53	6.81	39.72	2.92	Fair	3
W13	7.82	3.81	10.63	7.74	19.19	51.78	6.33	Poor	4
W14	7.71	4.54	11.41	9.7	23.68	53.5	7.29	Poor	4
W15	7.63	4.88	11.73	10.63	25.78	54.18	7.71	Poor	4
W16	7.05	7.3	13.51	17.94	40.68	56.92	10.26	Unsuitable	6
W17	7.94	1.24	5.68	3.03	3.36	29.76	1.61	Good	2
W18	7.86	3.56	10.33	7.13	17.65	50.96	5.97	Poor	4
W19	7.9	2.56	8.88	4.78	11.49	46.64	4.4	Fair	3
W20	7.65	5.08	11.9	11.24	27.01	54.45	7.94	Very Poor	5
W21	7.07	7.69	13.74	19.19	43.08	57.18	10.62	Unsuitable	6
W22	7.26	6.72	13.14	16.16	37.11	56.4	9.7	Unsuitable	6
W23	7.48	5.78	12.47	13.29	31.32	55.43	8.73	Very Poor	5
W24	7.63	5.28	12.08	11.81	28.24	54.75	8.17	Very Poor	5
W25	7.91	2.44	8.67	4.57	10.75	45.74	4.18	Fair	3
W26	7.92	2.1	8	3.99	8.65	42.9	3.53	Fair	3
W27	7.93	1.92	7.61	3.7	7.54	41.09	3.17	Fair	3
W28	7.45	6	12.64	13.95	32.67	55.68	8.96	Very Poor	5
W29	7.8	4.08	10.94	8.44	20.85	52.5	6.7	Poor	4
W30	7.85	3.6	10.38	7.23	17.89	51.08	6.03	Poor	4
W31	7.74	4.14	11	8.6	21.22	52.66	6.78	Poor	4
W32	7.94	1.17	5.42	3.02	2.93	27.86	1.43	Good	2
W33	7.92	2.08	7.96	3.96	8.53	42.69	3.49	Fair	3
W34	7.94	1.31	5.92	3.05	3.79	31.53	1.79	Good	2
W35	7.63	5.16	11.97	11.47	27.5	54.57	8.03	Very Poor	5

جدول(2) : يبين الصفات الكيميائية للتربة و ما يقابلها من قيم للدلائل الطيفية الخضرية في منطقة الدراسة .

Site	pHs	$dS.m^{-1}$	$mmol.L^{-1}$			SAR	$cmol_c. Kg^{-1}$		ESP%	Remote Sensing		
		ECe	Ca	Mg	Na		CEC	Ex.Na		OSAVI	SAVI	GDVI
W1	7.03	2.63	16.40	4.59	5.04	1.56	21.98	2.15	9.78	0.17	0.14	0.53
W2	7.73	4.95	20.75	14.95	13.46	3.19	22.97	2.08	9.06	0.09	0.08	0.30
W3	7.67	9.54	32.87	33.47	28.52	4.95	24.00	2.63	10.96	0.07	0.06	0.24
W4	7.55	18.46	56.41	69.47	57.79	7.28	25.03	4.83	19.30	0.07	0.05	0.21
W5	7.37	31.35	90.44	121.49	100.09	9.72	25.86	9.08	35.11	0.05	0.04	0.16
W6	6.84	68.59	188.73	271.78	222.30	14.65	27.09	18.75	69.21	0.03	0.02	0.11
W7	7.76	2.83	16.36	6.04	5.64	1.69	22.09	2.36	10.68	0.15	0.12	0.47
W8	7.72	5.92	23.31	18.87	16.64	3.62	23.25	2.75	11.83	0.08	0.06	0.27
W9	7.61	13.96	44.53	51.31	43.03	6.22	24.60	4.72	19.19	0.07	0.06	0.23
W10	7.51	20.98	63.07	79.64	66.06	7.82	25.23	6.46	25.60	0.06	0.05	0.19
W11	7.05	53.75	149.56	211.89	173.60	12.91	26.71	10.86	40.66	0.05	0.05	0.15
W12	7.76	3.42	17.24	8.18	8.50	2.38	22.39	1.69	7.55	0.11	0.09	0.34
W13	7.62	12.92	41.78	47.12	39.61	5.94	24.47	4.46	18.23	0.06	0.04	0.20
W14	7.49	22.52	67.12	85.86	71.12	8.13	25.35	6.85	27.02	0.06	0.05	0.19
W15	7.40	28.94	101.90	101.77	84.06	8.33	25.74	8.47	32.91	0.06	0.05	0.18
W16	6.73	76.44	209.46	303.46	248.05	15.49	27.26	17.76	65.15	0.03	0.02	0.10
W17	7.76	3.17	17.83	6.77	6.81	1.94	22.27	0.99	4.45	0.09	0.07	0.30
W18	7.66	10.33	34.96	36.66	31.11	5.20	24.12	3.83	15.88	0.07	0.06	0.24
W19	7.71	6.99	26.14	23.18	20.15	4.06	23.51	3.01	12.80	0.09	0.07	0.28
W20	7.42	27.14	79.33	104.5	86.27	9.00	25.64	8.02	31.28	0.06	0.05	0.18
W21	6.64	83.01	263.22	288.89	273.67	16.47	27.39	22.57	82.40	0.03	0.03	0.10
W22	6.97	59.31	164.23	234.33	191.84	13.59	26.86	16.31	60.72	0.04	0.04	0.13
W23	7.23	41.03	115.98	160.56	131.86	11.21	26.29	11.56	43.97	0.05	0.04	0.15
W24	7.40	29.14	84.60	112.57	92.84	9.35	25.75	8.52	33.09	0.05	0.04	0.17
W25	7.72	5.75	22.87	18.18	16.08	3.55	23.21	2.05	8.83	0.10	0.08	0.31
W26	7.74	4.51	19.58	13.18	12.02	2.97	22.82	2.41	10.56	0.18	0.14	0.53
W27	7.75	3.52	19.64	7.18	8.06	2.20	22.44	0.57	2.54	0.12	0.10	0.36
W28	7.19	44.16	124.25	173.19	142.13	11.65	26.40	12.37	46.86	0.05	0.04	0.15
W29	7.60	14.76	46.64	54.54	45.65	6.42	24.68	4.92	19.94	0.07	0.06	0.22
W30	7.65	10.83	36.28	38.68	32.75	5.35	24.20	3.95	16.32	0.08	0.06	0.25
W31	7.53	19.32	58.68	72.94	60.61	7.47	25.10	6.05	24.10	0.06	0.05	0.20
W32	7.76	3.09	15.84	7.45	7.35	2.15	22.23	1.47	6.61	0.09	0.07	0.31
W33	7.74	4.33	19.12	12.45	11.42	2.87	22.76	2.36	10.37	0.09	0.07	0.30
W34	7.76	3.41	18.56	8.74	6.50	1.76	22.39	2.13	9.51	0.09	0.07	0.30
W35	7.40	29.06	84.38	112.25	92.58	9.34	25.74	8.5	33.02	0.05	0.04	0.17

تم بناء موديلات تنبؤية للتراكيز الملحية ونسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة باسلوب الإنحدار المتعدد ضمن برنامج SPSS 21 وبطريقة Stepwise method وقد اختيرت الموديلات (9 و10 و11) كونها تعطي اعلى دقة مكانية في تمثيل صفات التربة و كما في الشكل (4) وكالاتي:

$$ECe = -209.981 - 112.409\ln(GDVI^2) + 836.779(OSAVI) \qquad R^2 = 0.996^{**} \dots [9]$$

$$SARs = -138.862 - 17.149\ln(GDVI^2) + 112.715141.384e^{(SAVI)} \qquad R^2 = 0.985^{**} \dots [10]$$

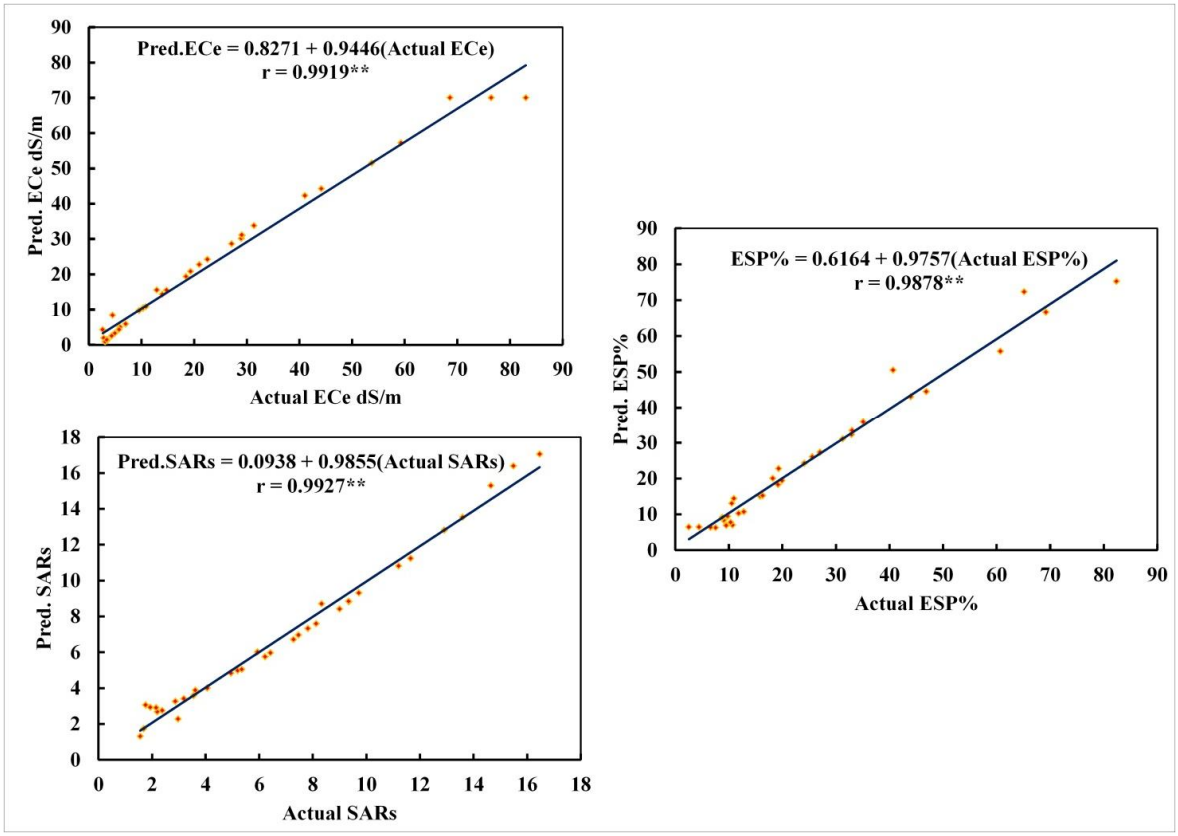
$$ESP\% = -786.477 - 94.706\ln(GDVI^2) + 620.270\,e^{(OSAVI)} \qquad R^2 = 0.976^{**} \dots [11]$$

صنفت خارطة ملوحة التربة وفقاً لتصنيف (S.O.L.R., 19982) وكما الجدول(3) :

جدول(3):يبين اصناف ملوحة التربة وفقاً لـــ (S.O.L.R. , 19982) :

Symbol	Class	EC $dS.m^{-1}$	Symbol	Class	EC $dS.m^{-1}$
S_0	Very Slightly Saline Soil	0 - 4	S_3	Strongly Saline Soil	16 - 25
S_1	Slightly Saline Soil	4 - 8	S_4	Very Strongly Saline Soil	25 - 50
S_2	Moderately Saline Soil	8 - 16	S_5	Extremely Saline Soil	> 50

اما نسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة فصنفت وفقاً لـــ(Seilsepour *et. al.*, ,2009) .

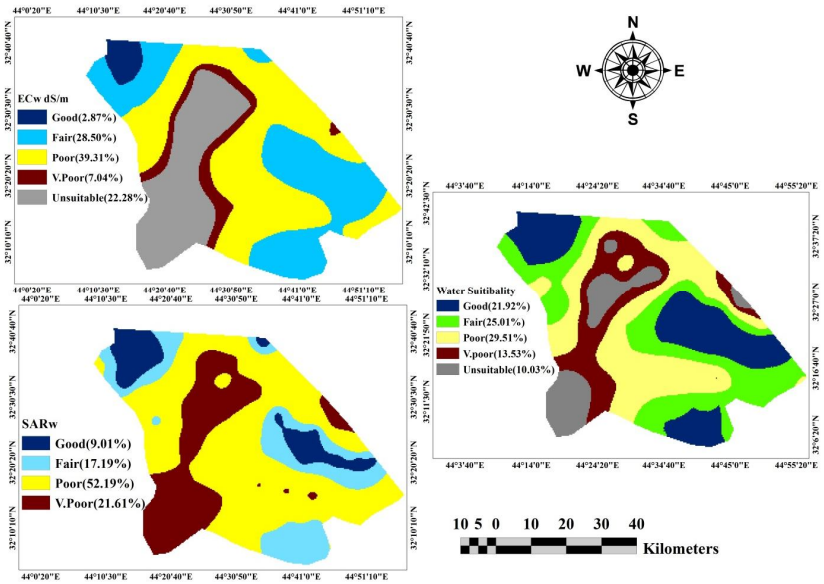


الشكل(4) : يوضح دقة تمثيل الموديلات التنبؤية (9 و 10 و 11) لصفات التربة في منطقة الدراسة .

النتائج والمناقشة

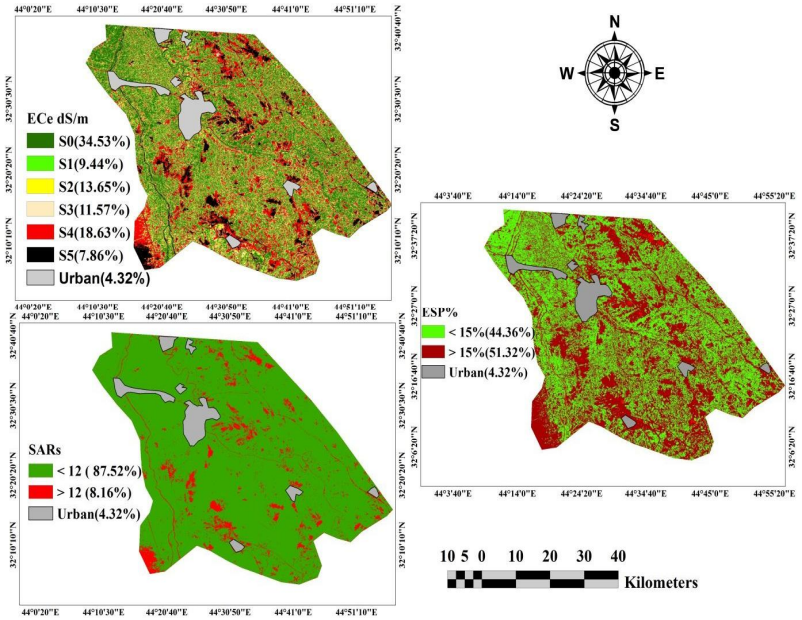
1.توزيع اصناف الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة :

يظهر الشكل (5) ان المياه الجيدة الملوحة Good تشغل مساحة 2.87% والمعتدلة الملوحة Fair تشغل مساحة 28.50% والرديئة Poor تشغل 39.31% والرديئة جداً V.Poor 7.04% والغير ملائمة للاستخدام الزراعي نهائياً Unsuitable 22.28%، وهذه النتيجة تؤشر تدني النسبة المئوية للمياه الجوفية العذبة والامنة الاستخدام في المجال الزراعي الى حدود 31.37% وان 68.63% من المياه الجوفية تمثل تهديداً حقيقياً للاتزان الملحي في البيئة الزراعية ضمن منطقة الدراسة. كما يظهر الشكل (5) ارتفاعاً في النسب المئوية للمياه غير الامنة بفعل ارتفاع صوديتها، اذ تشغل المياه الجوفية العالية الصودية Poor مساحة 52.19% والعالية الصودية جداً V.Poor 21.61% مما يؤشر ارتفاع النسبة المئوية للمياه الجوفية ذات المخاطر بزيادة تراكيز الصوديوم في البيئة الزراعية ولمساحة تبلغ 73.80% من منطقة الدراسة، اما المياه الجوفية ذات الصودية الجيدة Good فتشغل مساحة 9.01% والمعتدلة الصودية Fair فتشغل مساحة 17.19% اي ان ما تشغله المياه ذات الصودية الامنة فقط 26.20% من مساحة منطقة الدراسة. ومع ان مؤشر الصودية ليس بخطورة مؤشر الملوحة كونه امتد الى صنف غير الملائم للاستخدام الزراعي Unsuitable، في حين وقعت اعلى قيمة لنسبة امتزاز الصوديوم في المياه الجوفية ضمن الصنف V.Poor وقد يكون للتركيب الايوني للمياه الجوفية ذي التركيز العالي للكالسيوم والمغنيسيوم دور هام في الحد من نشاط صودية المياه الجوفية، اذ بين (Al_Hurban و Al-Sulaimi، 2009) ان التركيب الايوني للمياه الجوفية ذات التراكيز العالية من الكاربونات والمغنيسيوم لها دور واضح في الحد من نشاط الصودية بسبب حالة التنافس الشديد بين المغنيسيوم والصوديوم على الكلوريدات مما يسمح بترسب مقدار وافر من ملح كلوريد المغنيسيوم وهو ما يفسر تحول مساحات واسعة من الترب الزراعية الى ترب سبخة ذات مظهر مورفولوجي يتميز بالدكونة والملمس اللزج. ان تداخل مؤشرات الملوحة والصودية اظهر انخفاض مساحة المياه الجوفية الجيدة الملائمة للري Good الى 21.92% واذا ما عدت المياه الممعتدلة الملائمة للري Fair امنة يمكن ان ترتفع هذه النسبة الى 46.93% ويغلب في التوزيع المكاني للمياه الجوفية الجيدة و المعتدلة انها تقع مكانياً تحت قنوات الري الرئيسة والخاضعة للزراعة المنتظمة. وان اعمال المسح الحقلي تؤشر وجود اقتران مكاني بين رداءة المياه الجوفية وموقعها اسفل شبكات المبازل ونهايات قنوات الري التي غالباً ما تكون ترابية وذات مناسيب اخفض من التصميم الهندسي المثالي لها بفعل الكري العشوائي مما يسمح بنزيز مياه البزل اليها، فضلاً عن الخلط غير العلمي لماء البزل مع مياه الري في هذه القنوات مما يسهم في انتشار الاملاح العالية التركيز الى الطبقة العليا للمياه الجوفية مما يخفض ملاءمتها للري، فضلاً عن ما يتسرب الى المياه الجوفية من مياه الصرف الصحي والنواتج العرضية الصناعية قرب المراكز الحضرية، التي اشرت عدم ملاءمة واضحة للمؤشرات الثلاثة، وبما يشغل 53.07% من مساحة منطقة الدراسة (Darwish ،2014) .



الشكل(5) : يوضح توزيع اصناف الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة .

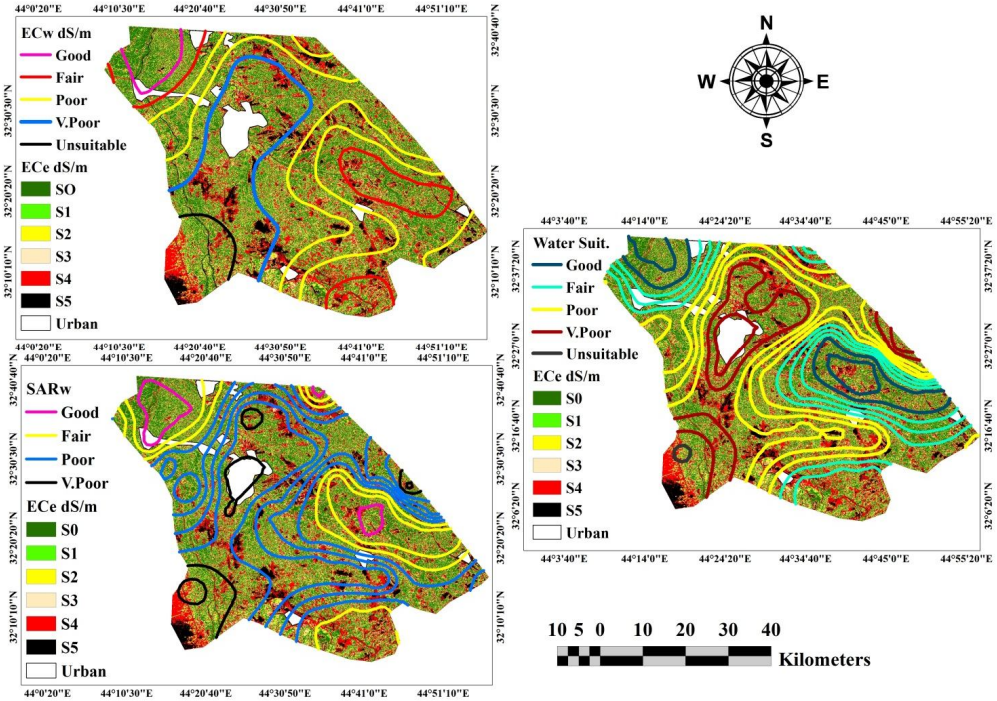
2.دراسة اثر الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في ملوحة التربة :



الشكل(6) : يوضح توزيع اصناف صفات التربة في منطقة الدراسة .

يظهر الشكل (6) ان صنف الترب غير المتملحة S0 يشغل مساحة 34.53% والترب المتأثرة بدرجة قليلة بالملوحة S1 تشغل مساحة 9.44% اي ان الترب الخاضعة فعلياً للزراعة والنشاط الزراعي بانماطه المختلفة يشغل مساحة 43.97% من منطقة الدراسة، علماً ان هذه الترب في معظمها تروى بالمياه الجوفية وهذا واقع الادارة المائية في ترب وسط وجنوب العراق كونها تقع ضمن نطاق المناخ الجاف، فضلاً عن خفض دول المنبع

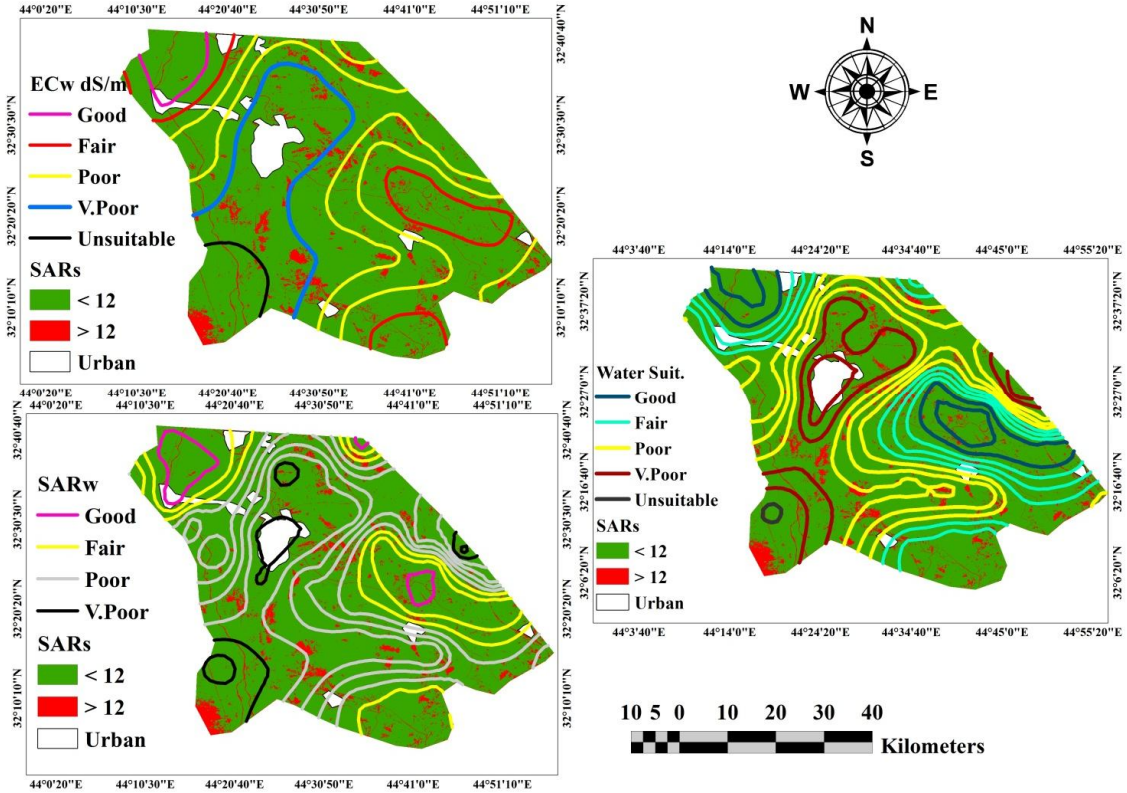
لنهري دجلة والفرات وروافدهما للحصص المائية التي اقرها القانون الدولي للعراق وهذا يعني ان استخدام المياه السطحية في هذه الترب يقتصر على مدة الفيضان القصيرة الامد، مما ادى ومنذ نهاية ثمانينيات القرن العشرين وحتى وقتنا الحاضر الى خسارة 60–70% من اجمالي ترب وسط وجنوب العراق بفعل تراكم الاملاح التي يكون مصدرها بدرجة رئيسة استخدام مصادر مائية مالحة و ذات ملائمة رديئة للري (F.A.O., 2011)، ويظهر من الشكل (6) ان اجمالي مساحة الترب المتاثرة بدرجات متوسطة وعالية الشدة بدرجات التملح ضمن الصنف S2 الى الصنف S5 وهي عملياً ترب خارج نطاق الاستخدام الزراعي تشغل 51.60% من مساحة منطقة الدراسة وان الظروف الراهنة تؤشر امكانية اتساع مساحة هذه الترب المتاثرة بالملوحة في الامد القريب وان الاستخدام المستمر للمياه الجوفية على وفق هذه المؤشرات الراهنة سيتسبب باخلال كبير في الاتزان الملحي في غرب محافظة بابل، اذ يظهر الشكل(7) وجود حالة من التطابق المكاني بين المؤشرات الهيدروكيميائية ضمن الاصناف الرديئة للمياه الجوفية مع الاصناف S2 الى الصنف S5 مع زحف واضح على الصنفين S0 و S1 ولاسيما في نهايات المناطق الزراعية المتاخمة لقنوات البزل الرئيسة، فضلاً عن ابداء ملوحة التربة لعلاقات ارتباط ايجابية عالية المعنوية بلغت 0.9300** و0.8683** و0.8841** مع ملوحة المياه الجوفية ونسبة امتزاز الصوديوم فيها وصنف ملاءمتها للري، اذ يجد (Siswoyo *et. al.*, 2016) ان سبب نشاط عمليات التراكم الملحي في المناطق الجافة ذات الامدادات المائية الشحيحة والتي تعتمد على المياه الجوفية بدرجة كبيرة تكون اكثر عرضة للتملح الثانوي، اذ يسبب سحب المياه الجوفية بزل عمودي للطبقة المائية الحاملة للاملاح ومع عدم توفر منظومة لتصريفها خارج جسم التربة فانها تنتشر في المياه الجوفية العميقة التي بدورها تستخدم لعملية الري وهذه المرة مع ما تحمله من ايونات المركبات الملحية ومع مرور الزمن تكوّن تربةً متاثرة بالاملاح وغير منتجة اقتصادياً .



الشكل(7) : يوضح علاقة التوزيع المكاني بين الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية وملوحة التربة في منطقة الدراسة .

3.دراسة اثر الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في نسبة امتزاز الصوديوم في التربة :

يظهر الشكل (6) ان 8.16% من ترب منطقة الدراسة اصبحت ضمن نطاق الترب المتدهورة كيميائياً ومورفولوجياً تعد صحراء ملحية بفعل ارتفاع تركيز الصوديوم، وانها تقع مكانياً ضمن الصنفين S4 و S5 وترتبط بعلاقة ارتباط ايجابية عالية المعنوية مع ملوحة التربة بلغت 0.9713** اذ يشير (Seilsepour *et. al.* , 2009) الى ان بلوغ نسبة امتزاز الصوديوم الى قيمة 12 فما فوق يؤشر بوضوح نشاط عمليات التملح الثانوي بفعل الادارة المائية الخاطئة ولاسيما في منطقة الشرق الاوسط الجافة وان معظم هذا التدهور يكون مصدره اما الطبقة العليا من المياه الجوفية ضمن حدود مادة الاصل التي غالباً ما تكون غنية بالمركبات الملحية في ترب هذه المنطقة او نتيجةً لاستخدام المياه الجوفية العميقة غير المفحوصة كيميائياً مع استخدام مصادر اروائية سطحية بخلطها مع مياه البزل ذات نسبة امتزاز الصوديوم المرتفعة، وهذا ما يفسر علاقة التطابق المكاني بين اصناف مؤشرات الملاءمة الكيميائية الرديئة للمياه الجوفية وارتفاع قيم نسبة امتزاز الصوديوم في منطقة الدراسة وكما في الشكل(8) :



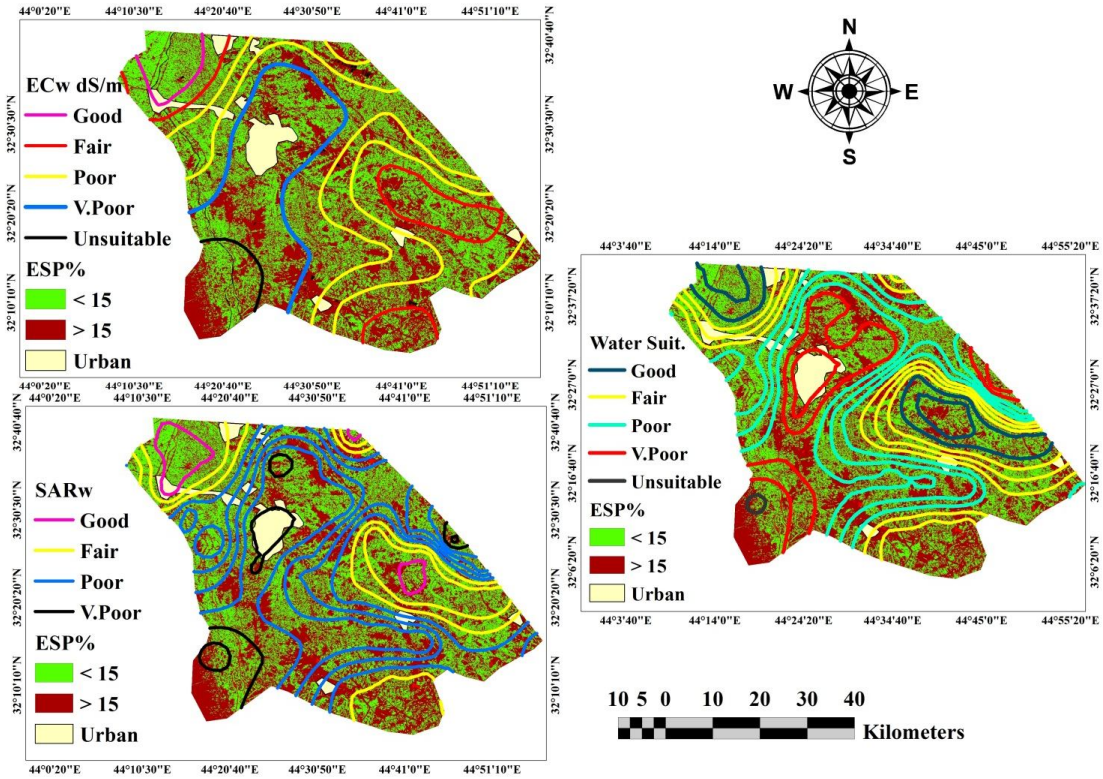
الشكل(8) : يوضح علاقة التوزيع المكاني بين الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية و نسبة امتزاز الصوديوم في ترب منطقة الدراسة.

ويدعم حالة التطابق المكاني بين اصناف مؤشرات الملاءمة الكيميائية الرديئة للمياه الجوفية وارتفاع قيم نسبة امتزاز الصوديوم في منطقة الدراسة وجود علاقة ارتباط ايجابية عالية المعنوية لنسبة امتزاز الصوديوم في التربة مع ملوحة المياه الجوفية ونسبة امتزاز الصوديوم فيها وصنف ملاءمتها للري، اذ بلغت 0.9878** و0.9561** و0.9487** لكل منها على التوالي، اذ بينت المسوحات الهيدروكيميائية التي اجراها

(Ali *et. al.* , 2015) ارتفاع قيم نسبة امتزاز الصوديوم في الترب عند استخدام مياه جوفية ذات ملوحة ونسبة امتزاز للصوديوم عالية وملائمة رديئة للري مما سبب خسارة اقتصادية كبيرة وتدهور في ترب مدينة الخبر السعودية مع اهمال المستخدمين للفحص المستمر لهذه المياه او عدم الفحص الكيميائي لها اصلاً .

4.دراسة اثر الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في النسبة االمئوية للصوديوم المتبادل في التربة :

يظهر الشكل (6) ان 51.32% من ترب منطقة الدراسة هي ترب ملحية صودية، اذ تكون الترب ذات النسبة المئوية للصوديوم التي تزيد عن 15% مطابقة مكانياً للاصناف الملحية العالية ابتداءً من الصنف S2 صعوداً للصنف S5، فضلاً عن وجود علاقة ارتباط ايجابية عالية المعنوية مع ملوحة التربة بلغت 0.9860**. ويبرر (Lehman *et. al.* , 2015) العلاقة الطردية العالية المعنوية بين ملوحة التربة والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل بالعلاقة الخطية بين ملوحة التربة وايون الصوديوم المتبادل، اذ يكون ايون الصوديوم المتبادل وفيراً في منطقة التبادل الايوني بين محلول التربة وغروياتها مما يظهر التربة مورفولوجياً بلون ابيض ناصع ولاسيما في الاصناف الملحية الاولية وهي ماتعرف بترب الشورة Shurah Soils ومع ازدياد تراكيزه للحد الذي يزيح ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم من معقد تبادل الغرويات الى محلول التربة ولاسيما في الاصناف الملحية المتقدمة محولاً الترب الى مظهر مورفولوجي داكن وهي ما تعرف بالترب السبخة Sabkhah Soils والتي تمثل اقصى حالة للتدهور الكيميائي في التربة. ان استخدام مياه جوفية ذات ملوحة و نسبة امتزاز مرتفعة للصوديوم وغير ملائمة للري تشجع على ارتفاع قيم النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة، اذ يظهر الشكل (9) وجود حالة من التطابق المكاني بين رداءة المؤشرات الكيميائية للمياه الجوفية والترب ذات النسبة المئوية للصوديوم المتبادل العالية. وتظهر علاقات الارتباط الخطية وجود علاقة ايجابية عالية المعنوية بين النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة مع ملوحة المياه الجوفية و نسبة امتزاز الصوديوم فيها و صنف ملائمتها للري، اذ بلغت 0.9315** و0.8726** و 0.8736** لكل منها على التوالي. وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج (Ali *et. al.* , 2015) بوجود تطابق مكاني بين ارتفاع النسبة المئوية للصوديوم في التربة مع المياه الجوفية ذات الملائمة الرديئة وهي من اهم مبررات التدهور الكيميائي المعجل للترب، اذ ان ارتفاع نسبة امتزاز الصوديوم في المياه الجوفية تسهم في زيادة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة مما ينعكس سلباً في رداءة الايصالية المائية والهوائية والحرارية في التربة، فضلاً عن تصلب التربة وصعوبة اجراء العمليات الزراعية فيها مع مشاكل في جاهزية عدد مهم من المغذيات بسبب رفع قيمة تفاعل التربة الى حدود القاعدية وخاصة في المناطق الجافة في العالم ومنها ترب العراق .



الشكل(9) : يوضح علاقة التوزيع المكاني بين الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل في ترب منطقة الدراسة.

المصادر العربية والاجنبية

طه، اوراس محي وسعد شاكر محمود وايهاب كريم عبيد، 2014، تشخيص التدهور الملحي من الصفات الكيميائية للتربة الصودية وغير الصودية وبيانات التحسس النائي.مجلة القادسية للعلوم الزراعية .2(4): 67 –81 .

الوائلي، اوراس محي طه واحمد مهدي عبد الكاظم، 2016، دراسة اثر العمق وبعض الخصائص الكيميائية للماء الارضي في ملوحة وصودية التربة باستخدام الاحصاء الجيولوجي وبيانات التحسس النائي. مجلة الفرات للعلوم الزراعية. 8(1): 182–195 .

Al-Hurban, A. and J. S . Al-Sulaimi,2009. Recent surface sediments and landform of the southern area of Kuwait.European Journal of Scientific Research.38(2):272 – 295.

Ali, M . K., I . Malik and A . M . Ibrahim,2015,.Geotechnical properties of Sabkha soil in the southern part of Khobar city, KSA . Int. Journal of Engineering Research and application. Vol.(5), Issue 6(3): 24 – 29 .

Al-Mussawi, W. H.,2014. Assessment of Groundwater quality in Umm ER Radhuma Aquifer (Iraq Western Desert) by integration between irrigation water quality index and GIS. Journal of Babylon University/ Engineering Sciences.V.22(1):201–2017.

Darwish, K.H .M., M . A . El-Bordiny and A.S. Salam, 2014. Geospatial Analysis for Salinity Hazard Within a Semiarid Context. Intl. J. Water Resources and Arid Environ. 3(2): 96-107.

F.A.O., 2011 , Country pasture / forage resource profiles : Iraq . FAO , Rome , Italy .

Huete,A. R.,1988, A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment 25: 295–309.

Lark, R.M .,2009, Kriging a soil variable with a simple nonstationary variance model. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 14: 301–321.

Lehman , R . M ., C. A. Cambardella , D. E. Stott , V. Acosta-Martinez , D. K. Manter , J. S. Buyer , J. E. Maul , J. L. Smith , H. P. Collins , J. J. Halvorson , R. J. Kremer, J. G. Lundgren , T. F. Ducey, V. L. Jin and D. L. Karlen , 2015, Understanding and Enhancing Soil Biological Health : The Solution for Reversing Soil Degradation . Sustainability . 7: 988-1027.

Lichtenstern, A.,2013, Kriging methods in spatial statistics . Technics University Munich. Department of Mathematics . Bachelor's Thesis .

Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Kenney, 1982, Methods of Soil Analysis Part (2). 2nd ed. Agronomy 9 Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Papanicolaou, E.P.,1976,Determination of cation exchange capacity of calcareous soils and their percent base saturation. Soil Sci. 121:65-71.

Richards, L.A.,1954, Diagnosis and improvement of saline and alkalin soils. U.S.D.A. Handbook No. 60.

Rondeaux, G., M. Steven and F. Baret,1996, Optimization of soil-adjusted vegetation index. Remote Sens. Environ. 55: 95–107.

S.O.L.R.,1982, Specification for soil Survey and hydrological investigations in Iraq . State Organization for Land Reclamation . Baghdad . Iraq .

Seilsepour, M., M. Rashidi and B. G. Khabbaz, 2009, Prediction of Soil Exchangeable Sodium Percentage Based on Soil Sodium Adsorption Ratio . American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 5(1): 1 – 4 .

Shyam, R. and G.S.Kalwania ,2011, Ground water chemistry : A case study of eastern part of Sikar city (Rajastan), India . International Journal of applied engineering research Didigul .V.2(2) : 367 – 378 .

Siswoyo, H., I. Agung, I. Sawntara and S. Sumiyati,2016, Chemical characteristics of groundwater and its suitability for irrigation purpose in Jombang Regency , East Java, Indonesia.International journal of environmental and agricultural researche. (IJOEAR).V.2(2): 82 – 90 .

Wu, W.,2011, Atmospheric Correction for Landsat Data – Mterial for remote sensing training . ICARDA .w.wu@cgiar.org.

Wu,W.,2014, The Generalized Difference Vegetation Index (GDVI) for Dryland Characterization . Remote Sens. (6): 1211-1233.

Wu , W., W. M . Al-Shafie , A . S . Mhaimeed , F. Ziadat , V . Nangia and W. B. Payne., 2014,. Soil salinity mapping by multiscale remote sensing in Mesopotamia , Iraq . IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing . V.11(7): 4442 – 4452 .

Zhang, H.,2009, Classification of Irrigation Water Quality. Oklahoma Cooperative Extension Service .